

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-357320

(P2002-357320A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 2 3 R 3/28		F 2 3 R 3/28	A
F 0 2 C 7/057		F 0 2 C 7/057	
	9/48		9/48
F 2 3 R 3/00		F 2 3 R 3/00	A
3/26		3/26	Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L 外国語出願 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2002-28871(P2002-28871)

(22) 出願日 平成14年2月6日 (2002. 2. 6)

(31) 優先権主張番号 09/779227

(32) 優先日 平成13年2月8日 (2001. 2. 8)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
GENERAL ELECTRIC CO
MPANYアメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、リバーロード、1番

(74) 代理人 100093908

弁理士 松本 研一

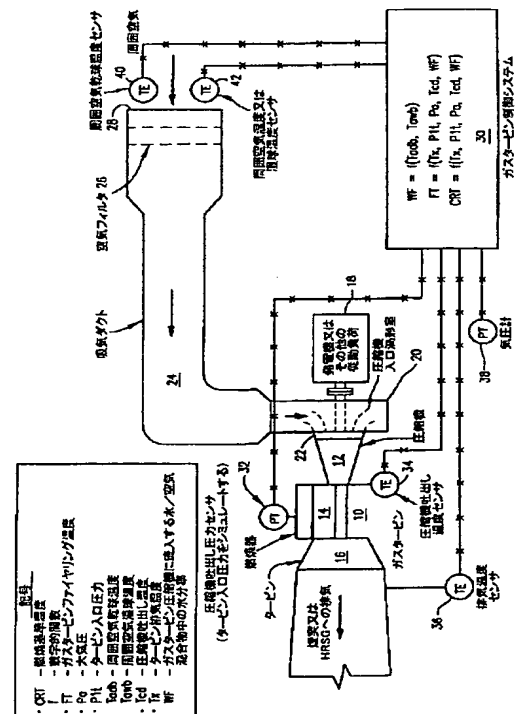
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼用空気中の含水量に関して補正を施したガスタービンのファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定するためのシステム及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 燃焼用空気中の含水量に関して補正を施したガスタービンのファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定するためのシステム及び方法を提供する。

【解決手段】 排気温度、タービン圧力比及び圧縮機吐出し温度に基づくガスタービン (10) のファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムを、周囲空気の設計含水量と異なる圧縮機 (12) 流入空気中の含水量に応じて調整するためのシステムが開示される。周囲空気中の含水量は、乾球温度センサ (40) 及び湿球温度又は湿度センサ (42) から得られた実測データから、制御システムによって計算される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧縮機（12）及びタービン（16）を有するガスタービン（10）の燃焼部（14）での燃焼温度を、排気温度、タービン圧力比及び圧縮機吐出し温度を含む因子に基づいて決定するための方法であって、

（a）前記圧縮機に流入する空気流中の実際の含水量を測定する工程と、（b）前記燃焼温度を決定するために使用される因子の1つとして前記実際の含水量を含める工程とを含む方法。

【請求項2】 前記ガスタービンの吸気ダクト（24）に流入する周囲空気の水分率と、前記吸気ダクトに連結された注水装置（54）によって前記空気中に注入される水の流量（56）とから前記含水量が求められる請求項1記載の燃焼温度を決定するための方法。

【請求項3】 圧縮機（12）、燃焼部（14）及びタービン（16）を有するガスタービン（10）の燃焼温度を決定するための制御システム（30）であって、前記圧縮機の上流側に配置されて、前記圧縮機に流入する空気中の含水量を表すデータを生成する1以上の含水量センサ（40、42）と、含水量を表す前記データに部分的に基づいて前記燃焼温度を決定するためのアルゴリズムを実行するプロセッサと、含水量を表す前記データ及び前記プロセッサによって実行するための前記アルゴリズムを記憶するデータ及びプログラム記憶装置とを含んでいて、前記燃焼部を制御するために前記プロセッサが決定された燃焼温度を表す出力を生成する制御システム。

【請求項4】 前記燃焼部の制御装置が前記出力に応答する燃焼用燃料流量弁を含む請求項1記載の制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】本発明は、ガスタービン制御システムの分野に関する。具体的には、本発明は燃焼系の吐出し口でのガス温度を決定しかつ制御するための制御システムに関する。

【0002】

【発明の背景】ガスタービンは、特に燃焼系の吐出し口がタービンの入口に直結されている場合、高温で動作する。燃焼器の吐出しダクト又はタービンの入口部分でのガス温度を高い信頼度で測定するための満足すべき計測器は開発されていない。しかし、燃焼器吐出し口及びタービン入口での温度はガスタービンの制御及び複数の燃焼モードを通しての燃焼器のシーケンス制御を行うために決定される。これらの温度は、高い信頼度で測定し得るタービンパラメータ（例えば、排気温度、圧縮機吐出し温度及び圧力、並びにその他公知のガスタービンパラメータ）に基づき、ガスタービン制御システムによって間接的に決定される。

【0003】高い信頼度で決定し得る2つの基本ガス温

度は、ファイヤリング温度及び燃焼基準温度である。これらの温度は、ファイヤリング温度の制御及びガスタービン燃焼部の複数のモードのシーケンス制御を行うために使用される。

【0004】タービン部分の後置第1段ノズルでのガス温度であるファイヤリング温度の正確な制御が必要である理由は、下記の通りである。

【0005】1. ファイヤリング温度は、工業用途及び発電用途でのガスタービンの出力を制限するために古くから使用されているパラメータである。定格又は保証出力を達成するためには、ガスタービンが定格ファイヤリング温度で動作することが一般に必要である。

【0006】2. タービンのノズル及び動翼の寿命は、それらの動作温度の関数である。ファイヤリング温度が定格温度を越えると、それらの寿命は短くなる。

【0007】3. 予混合された燃料及び空気を用いて動作するガスタービン燃焼系の排出性能は、その運転温度に敏感である。燃焼温度が定格燃焼温度を越えると、窒素酸化物（NO_x）の排出量が増加する。実際の温度が定格温度より低いと、一酸化炭素（CO）の排出量が増加する。

【0008】燃焼基準温度は、燃焼器の吐出し口でのガス温度に関係する。燃焼基準温度は、部分負荷状態から全負荷状態又は無負荷状態に移行する間に部分負荷の下で動作するガスタービンの制御にとって重要である。燃焼基準温度は、燃焼系の最適なシーケンス制御のため、従って信頼度の高い運転並びにタービン排気中のNO_x及びCO排出量の効果的な制御のために使用される。このように、燃焼基準温度の正確な決定は燃焼のシーケンス制御のために必要である。

【0009】ガスタービン制御目的のためには、従来、タービン排気温度、タービン圧力比、及び（場合によっては）圧縮機吐出し温度に基づくアルゴリズムを用いてガスタービンのファイヤリング温度及び燃焼基準温度が決定されていた。これらのアルゴリズム用の入力データとしては、実測されたタービン排気温度、タービン入口圧力をシミュレートする圧縮機吐出し圧力、タービン排気圧力をシミュレートする大気圧、及び圧縮機吐出し温度が挙げられる。

【0010】従来のファイヤリング温度アルゴリズムは、タービン排気温度とタービン内での温度降下との和である。排気温度は直接に測定することができる。タービン温度降下は、タービン作動流体の組成、タービンの圧力比、タービン効率、並びに空冷されるノズル、動翼及びシュラウドからガス流中に流入する空気による希釈度の関数である。燃焼基準温度は、タービン温度降下を決定するために使用されるものと同様なアルゴリズムを含みかつ燃焼器の吐出し口でのガス温度の決定に関係するパラメータを有するその他のアルゴリズム要素を含み得るアルゴリズムによって決定される。タービン効率及

び冷却用空気による希釈度は運転条件に応じて変化するから、ファイヤリング温度及び燃焼基準温度に関するアルゴリズムは各々のガスタービンモデルに特有でありかつ該ガスタービンモデルの正規の運転範囲全域にわたる条件に合わせて構成された一連のサイクル設計計算から導かれるのが通常である。かかるアルゴリズムは、圧縮機吐出し温度を考慮に入れた排気温度及びタービン圧力比の関数であって、それは安定な制御動作のために実行可能な限り線形化される。

【0011】燃焼基準温度及びファイヤリング温度を決定するために使用されるアルゴリズムでは、タービンを通過するガス中の含水量は設計含水量レベルにあるものと仮定されている。タービン作動流体中の気体成分の大部分は、炭化水素燃料の燃焼から生じた二酸化炭素及び水、燃焼のために使用されなかった空気（過剰空気）、並びに燃焼用空気中に含まれていた水蒸気である。タービン作動流体中の含水量の変動は、燃焼用空気中の含水量の変動から生じる。現行の制御システムでは、タービンを通過する作動流体中の設計レベルからはずれた含水量がもたらす効果は、制御目的のためにタービン内でのガス温度降下を計算する際に考慮されていなかった。それどころか、従来のアルゴリズムは作動流体の含水量が作動流体中の水に関する設計レベル（又は所望レベル）にあるという仮定を組込んでいる。作動流体の含水量は、タービン内での温度降下に影響を及ぼす。これは、タービン作動流体の平均的な熱力学的特性に対して含水量が及ぼす効果によって説明される。このような過程に影響を及ぼす熱力学的特性は比熱比（定圧比熱を定容比熱で割った値）であって、これは次式のように熱力学的過程の温度比をその圧力比と関係づける。

【0012】 $T1/T2 = (P1/P2)^{K}$
 式中、 $T1$ ＝入口温度（°R）
 $T2$ ＝吐出し温度（°R）
 $P1$ ＝入口圧力（psia）
 $P2$ ＝吐出し圧力（psia）
 K ＝比熱比

等エントロピー指数は、水蒸気に関しては 1.3 であり、また空気及びタービン作動流体のその他の成分に関しては 1.4 である。水蒸気に関する等エントロピー指数が小さい結果、一定の圧力比で膨張した場合の温度降下は空気及び二酸化炭素に比べて小さくなる。この因子は、設計含水量レベルと異なる含水量の作動流体を用いてガスタービンを運転する場合、ファイヤリング温度及び燃焼温度の計算結果に顕著な影響を及ぼす。作動流体の主要部分は周囲空気又は加湿周囲空気から成る燃焼用空気であるから、設計レベルからはずれた含水量が生じるのは、周囲空気の湿度が制御アルゴリズムの基礎を成す設計レベルと実質的に異なる場合、及び蒸発冷却器又はガスタービンの出力増強用の過飽和装置（湿り圧縮装置）によって燃焼用空気中に水が人為的に注入される場

合である。

【0013】現在、ガスタービンファイヤリング温度の制御及び燃焼基準温度に基づく燃焼のシーケンス制御に際して、タービン部分を通過して流れるガス中の水蒸気含量の変動に応答するための要素は含まれておらず、従ってタービン内でのガス温度降下について誤った計算結果が生じる。燃焼用空気中の実際の水蒸気含量が設計水蒸気含量よりも実質的に高ければ、制御システムは誤ってファイヤリング温度を定格ファイヤリング温度よりも低い温度に制限し、かつ最適の基準温度よりも低い燃焼基準温度で燃焼系のシーケンス制御を行う。燃焼用空気中の実際の水蒸気含量が設計水蒸気含量よりも実質的に低ければ、制御システムはファイヤリング温度を定格温度よりも高い温度に制限し、かつ所望の基準温度よりも高い燃焼基準温度で燃焼系のシーケンス制御を行う。定格ファイヤリング温度及び燃焼温度をはずれて運転することは、ガスタービンの運転範囲及び排気中の排出物レベルに悪影響を及ぼす。

【0014】温和な気候の下での周囲空気中の水蒸気含量の変動は約 3% に過ぎないから、周囲空気中の正常な含水量が重大な問題を引起すことはなかった。このような周囲空気中の含水量の僅かな変動がもたらすタービン温度降下の計算結果の全変動は、約 $\pm 12^{\circ}\text{F}$ である。定格タービンファイヤリング温度及び／又は燃焼基準温度からのこのように僅かな温度変動は、ガスタービンの運転あるいは NO_x 又は CO 排出量に悪影響を及ぼすことは少ない。従って、燃焼基準温度及びファイヤリング温度を決定するために使用されるアルゴリズムでは、含水量が変数として扱われていなかった。しかし、熱帯性気候の下での周囲空気は大きい含水量変動を示すことがあり、また圧縮機の吸気中への水の注入が吸気の含水量を設計含水量レベルから実質的に変化させることもある。

【0015】注水装置は圧縮機吸気の含水量を実質的に増加させることがある。米国特許第 5867990 号及び同第 5930990 号並びに欧州特許 EP0781909A2 号に記載されているような湿り圧縮装置は、ガスタービン圧縮機に過飽和の空気／水混合物を供給する。作動流体の高い含水量が原因でファイヤリング温度が低下すれば、湿り圧縮装置がもたらす出力増強は低減する。さらに、ファイヤリング温度の低下及び空気と共に燃焼系に流入する水の増加によってタービンの CO 排出量が増加する。もし部分負荷運転中に湿り圧縮装置が使用されれば、燃焼基準温度の誤差が燃焼器のシーケンス制御に悪影響を及ぼす。

【0016】

【発明の概要】作動流体中の水蒸気含量が設計含水量値から実質的に変化してもファイヤリング温度及び燃焼基準温度の正確な計算を可能にするため、タービン制御アルゴリズムを調整するための方法及びシステムが開発さ

れた。かかる方法及びシステムは、湿り圧縮装置の使用下及び水蒸気含量が設計レベルと実質的に異なる周囲環境中で運転されるガスタービンの制御及びシーケンス制御を改善する。

【0017】ガスタービンの定格出力、効率、排出性能、及びタービン部品や燃焼系部品の寿命の達成は、いずれもファイヤリング温度の正確な制御に依存する。複数の燃焼モードで動作する燃焼系を備えたガスタービンは、同様に計算された温度（一般に「燃焼基準温度」と呼ぶ）に基づいてシーケンス制御される。燃焼系の最適なシーケンス制御のためには、燃焼基準温度を正確に決定することが必要である。同様に、多くの工業用ガスタービンに関するファイヤリング温度制御は排気温度及びタービン圧力比に基づいている。

【0018】タービンを通過するタービン作動流体中の含水量が設計含水量と実質的に異なる場合、ファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定するアルゴリズムは作動流体中の水蒸気及び空気熱力学的性質を考慮に入れる。ガスタービン用の制御システムは、これらのアルゴリズムを用いて正確なタービンファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定する。このように、圧縮機に供給される周囲空気中の水蒸気含量、蒸発冷却器によって圧縮機吸気中に蒸発させた水、又は作動流体を水で過飽和させるため圧縮機に流入する前の空気中に注入した水を含む様々な要因により、作動流体中の含水量は設計値から実質的に変化することがある。しかし、上記のアルゴリズムは制御システムが水蒸気含量を考慮して正確なタービンファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定することを可能にする。

【0019】ガスタービンの圧縮機に流入する空気中の実測された含水量に基づいてガスタービンファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定するためのアルゴリズムを調整する方法の具体例が開示される。圧縮機に流入する空気中の含水量は、（空気＋水蒸気）の実測流量、周囲空気の湿度、空気飽和器（蒸発冷却器）によって蒸発させた水、過飽和装置によって吸気中に注入した水から、制御システムによって求められる。

【0020】特に（ガスタービン吸気が周囲空気であっても）実際の含水量が設計含水量と異なる場合、圧縮機に流入する空気中の含水量を考慮しながら（排気温度、タービン圧力比及び圧縮機吐出し温度に基づいて）ガスタービンファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムを調整するためのシステムが開示される。周囲空気中の含水量は、乾球温度センサ及び湿球温度又は湿度センサからの出力に基づき、制御システムによって計算される。

【0021】また、排気温度、タービン圧力比、圧縮機吐出し温度、及び周囲空気中の含水量と吸気ダクト内に配置された濾材型蒸発冷却器によって蒸発させた水との和に基づいてガスタービンファイヤリング温度制御アル

ゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムを調整するための制御システムが開示される。空気／水混合物の水分率は、周囲空気の乾球温度、周囲空気の湿球温度、及びガスタービン圧縮機用の蒸発冷却器の下流側の吸気ダクト内で測定された乾球温度から計算される。

【0022】別の実施形態は、特に含水量が設計含水量と異なりかつ含水量が周囲空気の含水量と吸気ダクト内に配置された水噴霧型蒸発冷却器によって注入された水との和である場合、排気温度、タービン圧力比、圧縮機吐出し温度、及びガスタービン圧縮機に流入する空気中の含水量を含む入力パラメータを有する制御アルゴリズムに基づいてガスタービンファイヤリング温度及び燃焼基準温度を決定するための制御システムである。蒸発冷却器の下流側での空気／水混合物の水分率は、周囲空気の乾球温度及び湿球温度から求められた周囲空気中の含水量と、（配水管中の流量センサによって測定された）蒸発冷却器内で注入される水の量を（ガスタービンの吸気渦形室内の流量センサ又はその他のガスタービン作動流体流量測定方法によって測定された）ガスタービン圧縮機への空気／水混合物流量で割った値との和である。

【0023】さらに別の開示される実施形態は、排気温度、タービン圧力比及び圧縮機吐出し温度に基づくガスタービンファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムを、ガスタービン圧縮機に流入する空気中の含水量に応じて調整するための制御システムである。かかる含水量は、周囲空気中の含水量と、吸気ダクト又はガスタービン圧縮機の吸気渦形室内に配置された水噴霧型過飽和格子内で注入された水の量とを含んでいる。過飽和格子の下流側での空気／水混合物の水分率は、実測された周囲空気の乾球温度及び実測された周囲空気の湿球温度から計算された周囲空気中の含水量と、（配水管中の流量センサによって測定された）過飽和格子内で注入される水の量を（ガスタービンの吸気渦形室内の流量センサ又はその他のガスタービン作動流体流量測定方法によって測定された）ガスタービン圧縮機への空気／水混合物流量で割った値との和である。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の上記及びその他の目的並びに利点は、添付の図面を参照しながら現時点で好適な本発明の実施形態に関する以下のより詳細な説明を注意深く考察することによって一層完全に理解されよう。

【0025】図1は、過飽和注水装置を有するガスタービン吸気系統の第1の実施形態を示す図である。ガスタービン10は、圧縮機12、燃焼部14、タービン16及びタービン排気系統を含んでいる。ガスタービンの作動流体は圧縮機に流入する空気／水混合物であって、これは燃焼部で混合されて高温ガスに変換され、次いでタービン排気として排出される。ガスタービンの出力は、発電機18又はその他の動力負荷に結合することができ

【0026】空気／水混合物は吸気フード20から圧縮機に流入し、そして最初に圧縮機の前置静翼（IGV）22を通過する。一般にカスケード配列された静翼及び圧縮機動翼を含みかつ遠心圧縮機段を含むこともある一連の圧縮機段を通過する間に、該混合物は次第に圧縮される。吸気フード20の入口は吸気ダクト24に連結されていて、吸気ダクト24は空気フィルタ26及び空気取入口28を含んでいる。周囲空気は空気取入口に入り、濾過され、そしてフード20に送られた後、そこから圧縮機に流入する。

【0027】ガスタービン10の動作は、通常のカスタービン制御システム〔例えば、General Electric Mark V（商標）制御システム〕によって制御される。かかる制御システムは、ガスタービンの状態及び動作を監視する各種のセンサ、例えば、ガスタービンの回転速度を検出する回転速度センサ、圧縮機入口及び圧縮機吐出し口〔圧力センサ（PT）32〕での圧力及び作動流体圧力（静圧及び全圧）を検出する空気流量センサ（FS）、並びに圧縮機吐出し口〔温度センサ（TE）34〕、タービン排気〔温度センサ（TE）36〕及びガスタービン内のその他の位置でのタービンガス作動流体の温度を測定する圧縮機及びタービン内の温度センサから入力信号を受信する。

【0028】また、センサは周囲条件をも監視する。例えば、大気圧センサ（PT）が大気圧を監視し、また乾球温度センサ（TE）40及び湿球温度センサ（TE）42が周囲温度を監視する。センサ信号は、通常的手段（例えば、電線、ワイヤレスリンク及びその他の通信経路）を通して制御システム30に伝送される。

【0029】制御システム30は、ガスタービン、各種の圧力及び温度センサ、並びに空気流量及び水流量センサ（図2、3及び4中の流量センサを参照されたい）からセンサ入力を受信するコンピュータシステムを含むことができる。コンピュータ内のプロセッサはそれらのセンサ入力を評価して、燃焼基準温度及びファイヤリング温度を決定する。プロセッサは、コンピュータの記憶装置にアクセスすることにより、センサ測定値及びガスタービン運転パラメータに由来する保存データを検索すると共に、このデータを用いて燃焼基準温度及びガスタービンファイヤリング温度の決定に役立つ出力を生成するアルゴリズムを検索する。コンピュータは、燃焼器14に命令信号を発信することにより、実際のファイヤリング温度が所望のファイヤリング温度に合致するように燃焼器への燃料流量を調整することができる。さらに制御システムは、計算された燃焼基準温度を適用することにより、ガスタービンの出力の変化に伴って燃焼器の運転モードのシーケンス制御を行って最適の燃焼器運転及び低い排気中排出物レベルを達成する。制御システムは、ガスタービン運転パラメータ及び周囲空気条件に応答する。かかる制御システムは、ガスタービン制御システム

用のコンピュータシステムと統合することもできるし、あるいはその中に組込むこともできる。かかる制御システムは、水噴霧型蒸発冷却器（空気飽和装置）、単一水噴射格子型過飽和装置、二段過飽和装置及びその他の注水装置を制御するために適用することができる。

【0030】制御システム30は、吸気ダクト24、フード20及び圧縮機の前置静翼に流入する空気の含水量に部分的に基づいて燃焼基準温度及びファイヤリング温度を決定する。かかる制御システムは、圧縮機吐出し温度（Tcd）（温度センサ34）、圧縮機吐出し圧力又はタービン入口圧力（Plt）（圧力センサ32）、排気温度（Tx）（温度センサ36）及び大気圧（Pa）（センサ38）からの入力信号に基づいてそれらの温度を決定する。加えて、制御システムはさらに圧縮機に流入する作動流体（空気／水混合物）の水分率（WF）に基づいて燃焼基準温度（CRT）及びガスタービンファイヤリング温度（FT）を決定する。燃焼基準温度（CRT）及びガスタービンファイヤリング温度（FT）を決定するための典型的な式は次の通りである。

【0031】

$$FT = f(Tx, Plt, Pa, Tcd, WF)$$

$$CRT = f(Tx, Plt, Pa, Tcd, WF)$$

$$WF = f(Tadb, Tawb)$$

式中、Tadbは周囲空気の乾球温度であり、またTawbは周囲空気の湿球温度である。

【0032】図1に示す実施形態では、ガスタービンファイヤリング温度アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズム（従来のアルゴリズム）が周囲空気中の水蒸気含量（WF）に応じて調整される。この実施形態では、吸気ダクト24は圧縮機入口20に供給される空気の含水量を増加させるための加湿装置を有していない。周囲空気の湿度（WF）は圧縮機吸気の乾球温度（Tadb）及び湿球温度（Tawb）から決定される。周囲空気の水分率（WF）に応じ、制御システムは圧縮機に流入する空気中の実測水蒸気含量（WF）と設計水蒸気含量との差に基づいて（従来のアルゴリズムから決定された）ファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムに対する調整量を決定する。

【0033】図2は、ガスタービンファイヤリング温度（FT）アルゴリズム及び燃焼基準温度（CRT）アルゴリズムを周囲空気中の水蒸気含量と濾材型蒸発冷却器50によって蒸発させた水との和に応じて調整する第2の実施形態を示している。蒸発冷却器の吐出し側での空気中の水分率（WF）は、実測された周囲空気の乾球温度（Tadb）と蒸発冷却器の下流側のダクト24内での乾球温度（Tlcbd）とから、制御システム40によって計算される。ダクト24内での乾球温度は、ダクト内の乾球温度センサ52によって求められる。水分率（WF）は、周囲空気の乾球温度（Tadb）、周囲空気の湿球温度（Tawb）、及びダクト内の乾球温度

(T l c d b) の関数である。ファイヤリング温度 (F T) 及び燃焼基準温度 (C R T) は、上記の F T 及び C R T に関する式を用いて決定される。制御システムは、圧縮機に流入する空気中の実測水蒸気含量 (W F) と圧縮機に流入する空気中の設計水蒸気含量との差に基づき、ファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムに対する調整量を計算する。

【0034】図3は、ガスタービンファイヤリング温度 (F T) アルゴリズム及び燃焼基準温度 (C R T) アルゴリズムを周囲空気中の水蒸気含量 (W F) と水噴霧型蒸発冷却器 54 によって蒸発させた水との和に応じて調整する第3の実施形態を示している。蒸発冷却器 54 の吐出し側での空気中の水分率 (W F) は、実測された周囲空気の乾球温度 (T a d b)、周囲空気の湿球温度 (T a w b)、水噴霧型蒸発冷却器への水流量、及び圧縮機への空気／水混合物の流量 (W a) から、制御システム 30 によって求められる。冷却器 54 によって注入される水の量又は流量は、給水源 58 から冷却器への水流量を測定する水流量センサ 56 によって求められる。圧縮機への空気／水混合物の流量は、I G V / 圧縮機入口の付近に配置された空気流量センサ 60 によって測定される。

【0035】蒸発冷却器の下流側での水分率は、乾球温度及び湿球温度から計算される周囲空気中の水分率と、蒸発冷却器に供給される水の量又は流量 (W e c) を空気／水混合物の流量 (W a) で割った値との和である。制御システムは、圧縮機に流入する空気中の実測水蒸気含量 (W F) と設計水蒸気含量との差に基づき、ファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムに対する調整量を計算する。

【0036】図4は、ガスタービンファイヤリング温度アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムを周囲空気中の水蒸気含量とガスタービン圧縮機に供給される空気を水で過飽和させる水噴霧型装置内で注入した水との和に応じて調整する第4の実施形態を示している。このような注水装置は、水を噴射することによって吸気ダクト 24 内を流れる空気を飽和させるための噴霧ノズル及びマニホールドの格子 62 を含んでいる。飽和格子 62 に流れる水の流量は水流量センサ 63 によって求められる。かかる注水装置は、ダクト 24 内を流れる飽和空気／水混合物中に (過飽和レベルの) 水ミストを噴射するためのノズル及びマニホールドの過飽和格子 64 をも含んでいる。過飽和格子 64 に流れる水の流量は水流量センサ 66 によって求められる。噴霧型過飽和装置の吐出し側での空気中の水分率 (W F) を計算するための実測データとしては、周囲空気の乾球温度 (T a d b) 及び湿球温度 (T a w b)、飽和格子への水流量 (W s g)、過飽和格子への水流量 (W s s g)、並びに空気／水混合物の流量が挙げられる。過飽和装置の下流側での水分率は、乾球温度及び湿球温度から計算される周囲空気中の

水分率と、過飽和装置に供給される水の量 (W s s g + W s g) を空気／水混合物の流量で割った値との和である。制御システムは、圧縮機に流入する空気中の実測含水量と設計含水量との差に基づき、ファイヤリング温度制御アルゴリズム及び燃焼基準温度アルゴリズムに対する調整量を計算する。

【0037】以上、現在のところ最も実用的で好適なものと考えられる実施形態に関連して本発明を説明したが、本発明は開示された実施形態のみに限定されないことを理解すべきである。それどころか、本発明は前記特許請求の範囲に記載された精神及び範囲に含まれる様々な変更例及び同等な構成をも包括することが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】注水装置を有するガスタービンシステム及び関連した制御システムの第1の実施形態を示す略図である。

【図2】注水装置を有するガスタービンシステム及び関連した制御システムの第2の実施形態を示す略図である。

【図3】注水装置を有するガスタービンシステム及び関連した制御システムの第3の実施形態を示す略図である。

【図4】注水装置を有するガスタービンシステム及び関連した制御システムの第4の実施形態を示す略図である。

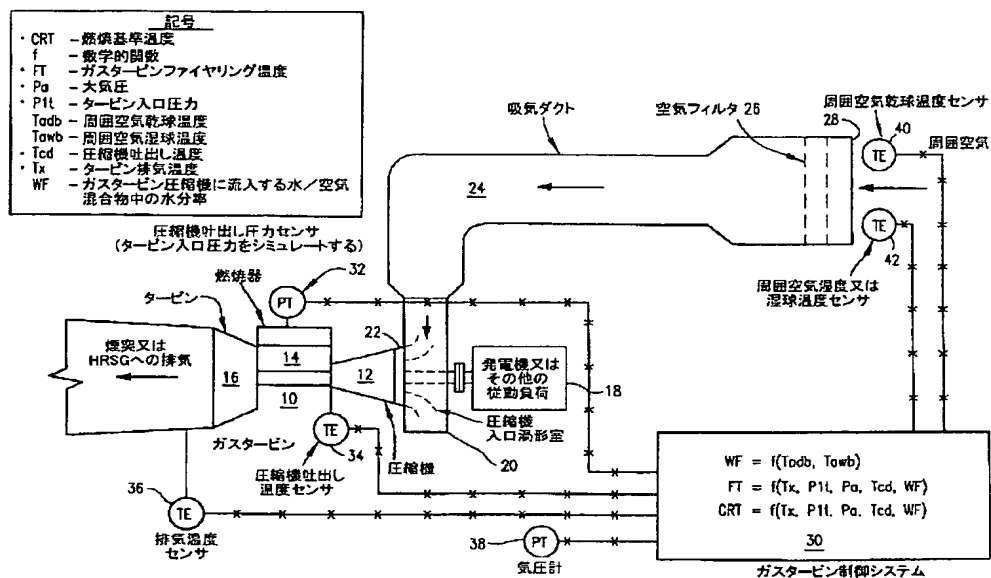
【符号の説明】

- 10 ガスタービン
- 12 圧縮機
- 14 燃焼部
- 16 タービン
- 18 発電機
- 20 吸気フード
- 22 前置静翼
- 24 吸気ダクト
- 26 空気フィルタ
- 28 空気取入口
- 30 ガスタービン制御システム
- 32 圧縮機吐出し圧力センサ
- 34 圧縮機吐出し温度センサ
- 36 排気温度センサ
- 38 大気圧センサ
- 40 乾球温度センサ
- 42 湿球温度センサ
- 50 濾材型蒸発冷却器
- 52 乾球温度センサ
- 54 水噴霧型蒸発冷却器
- 56 水流量センサ
- 58 給水源
- 60 水流量センサ

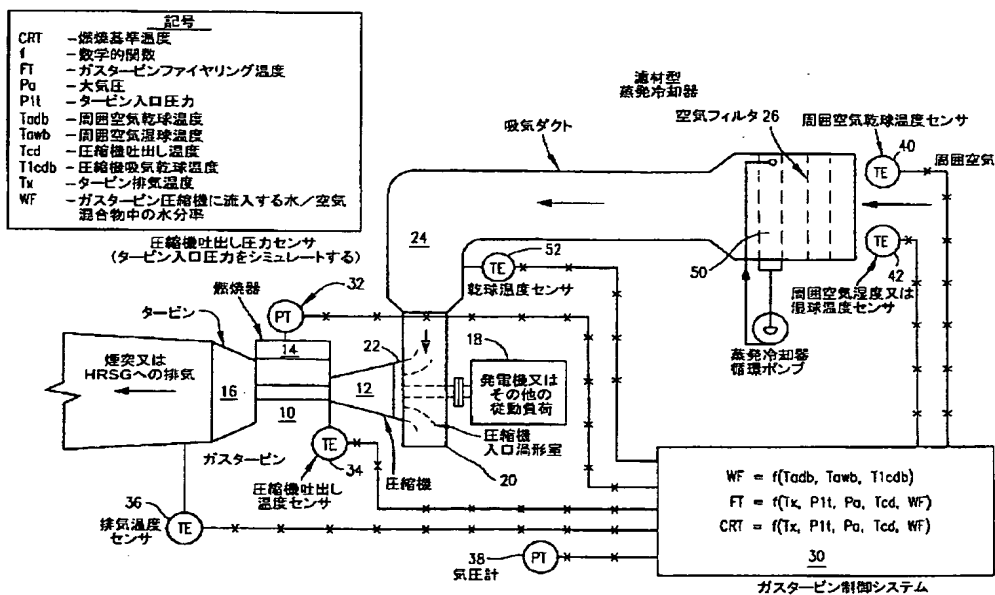
62 飽和格子
63 水流量センサ

64 過飽和格子
66 水流量センサ

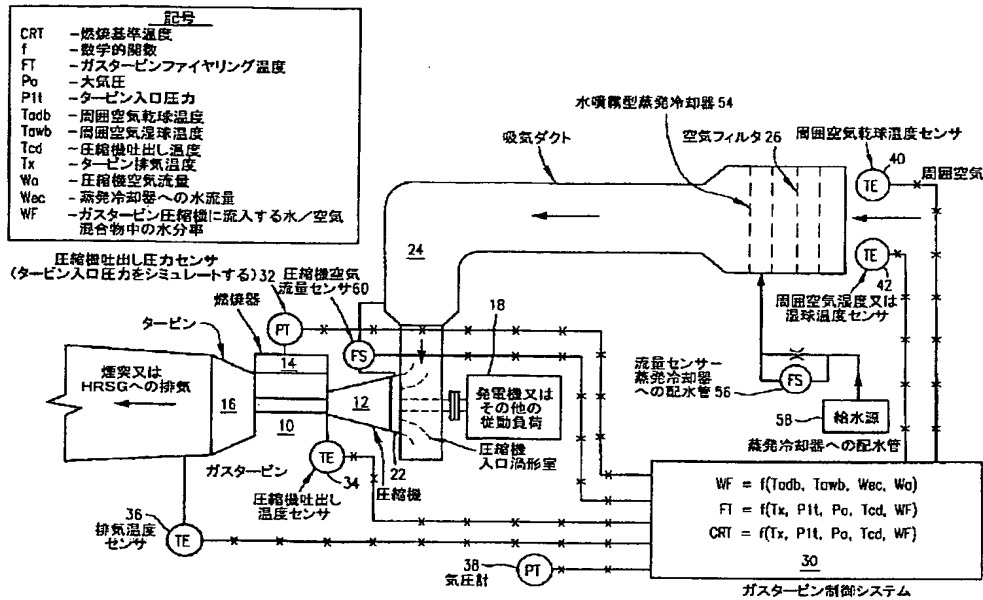
【図1】



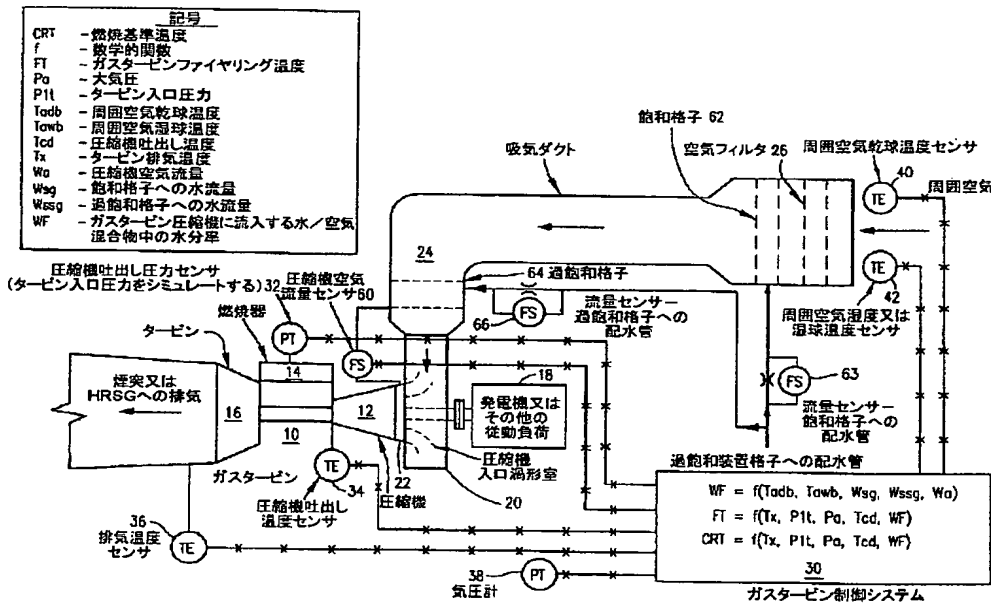
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 レロイ・オマル・トムリンソン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、メドウ・レーン、880番

(72)発明者 ロバート・スコット・ギャリー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、デルマ
ー、ローレル・ドライブ、12番